

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 85225

АДАПТИВНА АНТЕНА РАДІОНАВІГАЦІЇ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 12.01.2009.

Голова Державного департаменту інтелектуальної власності

М.В. Паладій





УКРАЇНА

(19) UA (11) 85225 (13) C2
(51) МПК (2006)
H01Q 21/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) АДАПТИВНА АНТЕНА РАДІОНАВІГАЦІЇ

1

2

(21) а200611020

(22) 18.10.2006

(24) 12.01.2009

(46) 12.01.2009, Бюл.№ 1, 2009 р.

(72) КОВАЛЕВСЬКИЙ ЕДУАРД ОЛЕКСАНДРОВИЧ,
UA, КОНІН ВАЛЕРІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA, ХАРЧЕН-
КО ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(НАУ), UA

(56) Williams D., Clark S., Cook J., et al. Four-
Element Adaptive Array Evolution for United States
Navy Airborne Applications / ION GPS 2000,19-22
September 2000, Salt Lake City, T, p. 2523-2532.

Ковалевский Э.А., Конин В.В., Харченко В.П.
Определение местоположения источника помехи
средствами аэронавигации//Материали VI Міжна-
родної НТК "Авіо - 2004", т.2 Аерокосмічні системи
та керування, Київ, НАУ, 2004, с.21.42 - 21.44.

Ковалевский Э.А. Адаптивные антенно-приемные
системы средств спутниковой аэронавигации
//Материали V Міжнародної конференції "Авіо-
2003", 23-25 квітня 2003, т.2 "Аерокосмічні системи
моніторингу та керування", Київ, НАУ, 2003,
с.21.14-21.17

Ковалевский Э.А. Адаптивная антенна СРНС с
коррекцией оценки угла прихода помехи // Матери-
али VII Міжнародної НТК "Авіо-2006", 25 -27 верес-
ня 2006, т.1 "Аерокосмічні та наземні системи
керування", Київ, НАУ, 2006, с.21.37 - 21.40.

UA 55238 A, 17.03.2003

RU 2280929 C1, 27.07.2006

US 6175327, 16.01.2001

WO 9221162, 26.11.1992

WO 03007422, 23.01.2003

JP 10335918, 18.12.1998

(57) Адаптивная антенна радионавигации, что содержит антенну решётку, N-элементы которой через маломощные усилители и вектор-модуляторы связаны с суматором, выход которого по каналу обратного зв'язку соединен через перетворювач до первой промежуточной частоты, усилитель с автоматическим регулированием усиления за помощью управляющего устройства, управляющего элемента и цифро-аналогового перетворювача, перетворювач до второй промежуточной частоты с аналого-цифровым перетворювачем, выходы маломощных усилителей через переключающий пристрой, который связан с управляющим устройством, соединен с перетворювачем до первой промежуточной частоты, усилителем с автоматическим регулированием усиления за помощью управляющего устройства, управляющего элемента и цифро-аналогового перетворювача, перетворювач до второй промежуточной частоты с аналого-цифровым перетворювачем прямого канала, который отличается тем, что аналого-цифровой перетворювач прямого канала соединен с измерителем углов надхода сигнала завад, который соединен с входом корректора углов надхода сигнала завад, другой вход которого соединен с выходом аналого-цифрового перетворювача канала обратного зв'язку, а выход корректора соединен с обчислювачем весовых коэффициентов, который соединен в свою очередь с навигационным приемником та с управляющим устройством, выход обчислювача соединен через цифро-аналоговые перетворювачы с управляющими входами вектор-модуляторов.

Винахід відноситься до області радіотехніки і може бути використаний в апаратурі користувача і контрольно-корегуючих станціях систем супутникової радіонавігації.

Відома адаптивна антенна, яка вміщує N-елементну антенну решітку, N-пристроїв установки вагових коефіцієнтів, N-кореляторів, N-суматорів для віднімання амплітудно-фазового розподілення сигналів, вихідний суматор і канал зворотнього

зв'язку з перетворенням та автоматичним регулюванням посилення сумарного сигналу [1].

Така антенна автоматично формує провали в діаграмі спрямованості в напрямках приходу завад в результаті розрахунку вагових коефіцієнтів в кореляторах із врахуванням амплітудно-фазових розподілів сигналів. Вона критична до точності визначення напрямку приходу сигналів, до вибору коефіцієнтів посилення в ланцюгу зворотнього

(13) C2

(11) 85225

(19) UA

зв'язку і до ступеня ідентичності характеристик кореляторів.

Найбільш близька за технічною сутністю до винаходу, що заявляється, є адаптивна антена (Фіг.1), яка вміщує антенну решітку, N- (за числом елементів антенної решітки) малощумних підсилювачів, N-вектор-модуляторів, суматор, перемикаючий пристрій, перетворювачі частоти до першої проміжної частоти, пристрій автоматичного регулювання підсилення, перетворювачі частоти до другої проміжної частоти, цифро-аналогові перетворювачі, аналого-цифрові перетворювачі, пристрій управління, елементи управління підсилення та адаптивний корелятор [2].

Як слідує із описання [2], сигнали з елементів антенної решітки (АР) 1 після підсилення в малощумних підсилювачах 2 поступають на вектор-модулятори 3, з виходів яких подаються на суматор 4, а також за допомогою перемикаючого пристрою 6 в ланцюг перетворення сигналів прямого каналу, який складається із перетворювачів частоти 5, 11 і підсилювача з автоматичним регулюванням підсилення 8. Управління підсилюванням провадиться пристроєм 10 через управляючий елемент 9 і цифро-аналоговий перетворювач 7. Причому підсилення регулюється як в прямому каналі проходження сигналів - 6, 5, 8, 11, так і в каналі зворотнього зв'язку - вихід 4, 5, 8, 11. Вихідні сигнали перетворювачів 11 в обох каналах перетворюються в цифрові відліки пристроями 12 і поступають на два входи адаптивного корелятора, вихідні сигнали якого після цифро-аналогового перетворення в блоці пристроїв 7 (в кількості N-1) управляють N-1 вектор-модуляторами 3. На один вектор-модулятор 3 (опірний канал) подаються постійні управляючі напруги.

Автоматична підстройка вагових коефіцієнтів, яка установлюється за допомогою вектор-модуляторів 3 (Фіг.1), дозволяє формувати провали в діаграмі спрямованості адаптивної решітки в напрямку приходу завад.

Задачею винаходу являється створення адаптивної антени, яка забезпечує прийом навігаційних сигналів, автоматичне формування провалів в діаграмі спрямованості в напрямку приходу завад, придушення завад в програмно заданих зонах прийому сигналів, а також визначення значення кутів приходу завад та видачу їх зовнішнім користувачам.

Застосування такої антени дозволяє використовувати апріорну інформацію для придушення таких завад як, наприклад, навігаційні сигнали, що відбиваються від місцевих предметів. Такі завади не аналізуються пристроєм адаптації прототипу через те, що вони по потужності нижче рівня спрацювання пристрою.

Поряд з цим інформація по напрямках приходу завад, яка отримується в запропонованій адаптивній антені, може бути використана для організації багатопозиційної системи по локалізації постановників завад [3] і для передачі іншим користувачам у вигляді повідомлень про заводову обстановку.

Вказана задача вирішується тим, що адаптивна антена радіонавігації, яка вміщує антенну решітку, N-елементів якої через малощумні підсилювачі

та вектор-модулятори зв'язані з суматором, вихід якого по каналу зворотнього зв'язку з'єднано через перетворювач до першої проміжної частоти, підсилювач з автоматичним регулюванням підсилення, що здійснюється за допомогою управляючого пристрою, управляючого елементу та цифро-аналогового перетворювача, перетворювач до другої проміжної частоти з аналого-цифровим перетворювачем; виходи малощумних підсилювачів через перемикаючий пристрій, що зв'язаний з управляючим пристроєм, з'єднані також по ланцюгу: перетворювач до першої проміжної частоти, підсилювач з автоматичним регулюванням підсилення, що здійснюється за допомогою управляючого пристрою, управляючого елементу та цифро-аналогового перетворювача, перетворювач до другої проміжної частоти з аналого-цифровим перетворювачем прямого каналу, згідно з винаходом, додатково містить вимірювач кутів приходу завад, на який поступає сигнал з виходу аналого-цифрового пристрою прямого каналу, коректор кутів приходу завад, на перший вхід якого подається сигнал з вимірювача, а на другий - з аналого-цифрового перетворювача каналу зворотнього зв'язку, обчислювач вагових коефіцієнтів, який з'єднано з коректором, навігаційним приймачем та з управляючим пристроєм, від якого подається апріорна інформація про додаткові напрямки подавлення завад, а вихідні сигнали обчислювача з'єднано з управляючими входами вектор-модуляторів через цифро-аналогові перетворювачі.

Адаптивна антена працює наступним чином. Сигнали від каналів антенної решітки 1 після підсилення в 2 подаються на входи вектор-модуляторів 3 та через перемикаючий пристрій 6 на ланцюг перетворення та оцифровки прямого каналу 5, 8, 11, 12. Вихідні сигнали вектор-модуляторів 3 поступають на суматор 4, вихідний сигнал якого подається на вхід навігаційного приймача (НП) та ланцюг перетворення і оцифровки каналу зворотнього зв'язку - вихід 4, 5, 8, 11, 12. Пристрій 10 управляє перемиканням каналів 6 та регулюванням підсилення в пристроях 8 через 9 та 7.

Вихідний сигнал перетворювача 12 прямого каналу подається на вимірювач 13, який синтезовано за критерієм максимуму функції правдоподібності [4]. Оцінки кутів приходу завад з виходу 13 подаються в коректор 14, на другий вхід якого поступає сигнал зворотнього зв'язку з виходу суматора 4 по ланцюгу 5, 8, 11, 12. В коректорі 14 по сигналу зворотнього зв'язку відбувається коректування значень кутів приходу завад за алгоритмом [5]. Скоректовані значення кутів θ_i з виходу 14 видаються зовнішньому користувачу (ЗК) та подаються в обчислювач 15, в який також поступає апріорна інформація із пристрою управління 10 про кути β_m , в напрямку яких необхідно додатково придушувати небажані випромінювання, та значення кутів приходу супутникових сигналів α_n від НП.

Обчислювач 15 розраховує вагові коефіцієнти адаптації, вирішуючи систему рівнянь

$$W = \Phi^{-1} \cdot B, \quad (1)$$

де W - вектор вагових коефіцієнтів,

$$\Phi = \begin{bmatrix} \sum_{k=0}^{N-1} e^{-j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin\theta_1 \cdot k} \\ \sum_{k=0}^{N-1} e^{-j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin\beta_m \cdot k} \\ \sum_{k=0}^{N-1} e^{-j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin\alpha_n \cdot k} \end{bmatrix} - \text{матриця фазорів си-}$$

гналів і завад на елементах АР,

V - вектор-стовпчик, що складається із 0 в завадових та із 1 в сигнальних рядках системи рівнянь (1),

N , d - число елементів і крок АР,

λ - середня довжина хвилі сигналу, що приймається.

Вагові коефіцієнти після цифро-аналогового перетворення подаються на вектор-модулятори 3 для формування адаптивної діаграми направленості.

Для перевірки ефективності запропонованого варіанту проведено математичне моделювання адаптивної антени, побудованої по принципу прототипу та антени із визначенням вагових коефіцієнтів згідно (1). Моделювання проводилося для широкого кола співвідношень зон приходу сигналів, априорно заданих напрямків і апостеріорно визначених кутів приходу завад. Для ілюстрації наведено приклад моделювання одного варіанту сигнально-завадової обстановки.

Параметри при моделюванні - однакові для обох моделей:

- 8-елементна еквідистантна лінійна АР із кроком $d/\lambda=0,5$;

- кути приходу сигналів: $\alpha_{c1}=-30^\circ$, $\alpha_{c2}=-15^\circ$, $\alpha_{c3}=0^\circ$, $\alpha_{c4}=30^\circ$;

- кут приходу завади: $\theta_1=20^\circ$;

- відношення потужностей:

завада / шум - 40дБ,

сигнал / шум - 0дБ;

- $E_1(\alpha)$ і $E(\alpha)$ - діаграми спрямованості антени відповідно без і з адаптацією.

Для запропонованої адаптивної антени додатково вводиться априорне значення кутів приходу завад: $\beta_1=-90^\circ$; $\beta_2=90^\circ$;

Результати моделювання приведені: на Фіг.2 - для моделі адаптивної антени прототипу, Фіг.3 - для моделі, що пропонується.

Як видно із Фіг.2 адаптивна ДН має рівномірний коефіцієнт направленої дії (КНД) в зоні $\pm 90^\circ$, наближено рівний ОдБ, і провал в напрямку приходу завади ($\theta_1=20^\circ$). Із цього слідує, що така адаптивна антена придушує навмисну заваду і приймає без придушення всі випромінювання із інших напрямків, в тому числі, і всі завади у вигляді відбивань навігаційних сигналів від місцевих предметів.

Як слідує із Фіг.3, запропонована адаптивна антена придушує навмисну заваду ($\theta_1=20^\circ$) і послаблює прийом сигналів із бокових напрямків $\pm(73\div 90)^\circ$. Варіюючи значеннями кутів β_1 , β_2 можна організувати придушення прийому випромінювань в априорно заданих напрямках.

Запропонована адаптивна антена виконує оцінку кутів приходу завади середньоквадратичною похибкою σ_θ при відповідних q (завада / шум):

q , дБ	20	40	60	80
σ_θ , рад	0,047	0,017	0,005	0,0015

Можливості програмного формування ДН і точність оцінки кутів приходу завад підвищується зі збільшенням числа N -елементів антенної решітки, шляхом збільшення априорно заданих кутів β_m .

Джерела інформації

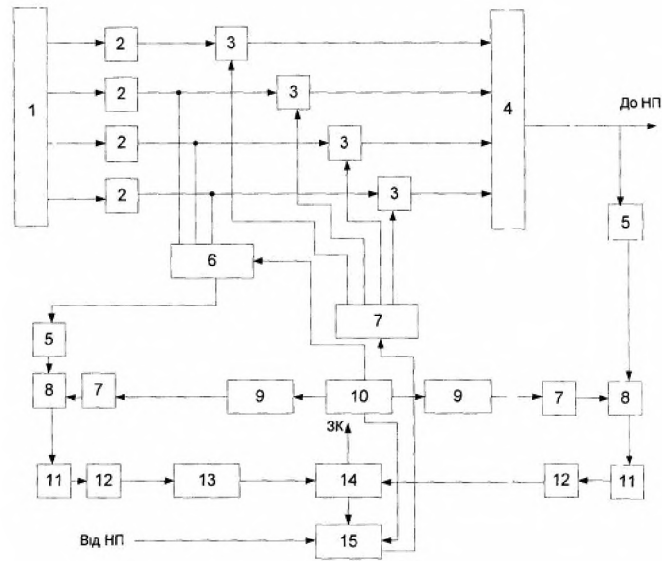
1. Адаптивная компенсация помех в каналах связи / под ред. Ю.И. Лосева, М.: Радио и связь, 1988. - 208 с.

2. Williams D., Clark S., Cook J., et al. Four-Element Adaptive Array Evolution for United States Navy Airborne Applications / ION GPS 2000, 19-22 September 2000, Salt Lake City, T, p. 2523-2532.

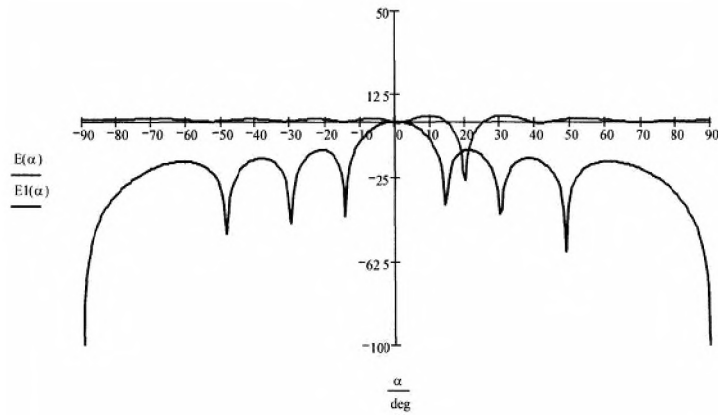
3. Ковалевский Э.А., Конин В.В., Харченко В.П. Определение местоположения источника помехи средствами аэронавигации / Матеріали VI Міжнародної НТК "Авіо - 2004", т. 2 Аерокосмічні системи та керування, Київ, НАУ, 2004, с.21.42-21.44.

4. Ковалевский Э.А. Адаптивные антенно-приемные системы средств спутниковой аэронавигации // Матеріали V Міжнародної конференції "Авіо-2003", 23-25 квітня 2003, т.2 "Аерокосмічні системи моніторингу та керування", Київ, НАУ, 2003, с.21.14-21.17.

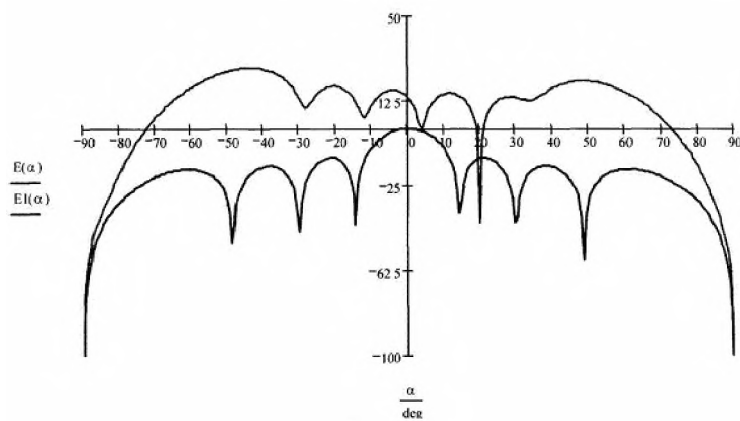
5. Ковалевский Э.А. Адаптивная антенна СРНС с коррекцией оценки угла прихода помехи // Матеріали VII Міжнародної НТК "Авіо-2006", 25-27 вересня 2006, т.1 "Аерокосмічні та наземні системи керування", Київ, НАУ, 2006, с.21.37-21.40.



Фіг.1



Фіг.2



Фіг.3